

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу

Ледяева Михаила Евгеньевича

«Планарные микрофлюидные термодесорберы для газовой хроматографии»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 1.4.2 – Аналитическая химия

### **Актуальность темы**

Газовая хроматография широко используется во всех сферах народного хозяйства на протяжении уже более полувека. Обусловлено это универсальностью методов проведения анализов, а также в широком выборе инструментальной базы (детекторов, разделительных колонок, периферийных устройств и т.д.), которые можно комбинировать, что позволяет создавать анализаторы, применяемые для решения различных аналитических задач.

В лабораторных условиях удастся обнаруживать аналиты в концентрациях частей на миллиард (ppb) и частей на триллион (ppt). Достигается это путем подключения к чувствительным системам детектирования, таким как масс-спектрометры и пламенно-ионизационные детекторы, а также применением термодесорбера. В этих системах термодесорбер обычно располагается перед разделительной колонкой и выполняет две основные функции: сужение хроматографической полосы пропускания и повышение предела обнаружения. Однако такие приборы громоздки и требуют высокого энергопотребления, что ограничивает их использование в полевых условиях.

Поэтому при определении малых концентраций в полевых условиях необходимо создать термодесорбер, работающий в тандеме с портативными газовыми хроматографами. Данная задача является актуальной в связи с ужесточением экологического надзора и возросшим спросом на текущий экологический контроль.

Диссертационная работа Ледяева Михаила Евгеньевича посвящена проектированию, созданию и тестированию планарного микрофлюидного термодесорбера для газовой хроматографии с целью обеспечения определения малых концентраций веществ в полевых условиях.

### **Новизна проведенных исследований и научных результатов**

Приведено обоснование и реализован в лабораторных условиях новый подход к созданию планарного микрофлюидного термодесорбера для газовой хроматографии. В работе предложены новые технические решения, обеспечивающие возможность реализации непрерывного попеременного подключения преконцентраторов к газовому хроматографу для реализации непрерывного процесса анализа. Впервые реализована возможность процесса сорбции при отрицательных температурах.

Таким образом, по научной новизне, объему, количеству и качеству полученного материала диссертационная работа Ледяева М. Е. полностью удовлетворяет критерию научной новизны и значимости полученных результатов.

### **Практическая значимость**

Диссертант предлагает новый инструментарий для обеспечения непрерывного газохроматографического анализа воздуха рабочей зоны, атмосферного воздуха, промышленных выбросов в автоматическом режиме, а также в медицинских целях – для неинвазивной диагностики заболеваний по выдыхаемому воздуху. Предлагаемый планарный микрофлюидный термодесорбер непрерывного действия позволит снизить массо-габаритные характеристики газохроматографического аналитического оборудования и упростить методику проведения эксперимента за счет полностью автоматизированного процесса пробоподготовки и выполнения анализа. Устройство может работать в лабораторных условиях, так и вне оных.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов. Достоверность полученных результатов**

Обоснованность научных положений и достоверность результатов диссертации, выводов и заключения складываются из следующих компонентов: наличия детально проработанного литературного обзора, четко и осознанно поставленной цели научной работы, корректной обработки результатов экспериментов и соответствующей современному уровню знаний об объектах интерпретации полученных закономерностей. Использование газовой хроматографии – современного высокоточного инструментального метода анализа, а также широко принятого конечно-элементного моделирования позволяет говорить о надежности полученных результатов.

Список использованной литературы состоит из 142 источника. Объем и содержание литературного обзора рассказывают о современном состоянии исследований в области разработки и применения портативных термодесорберов



и их особенностей, а также результаты решения конкретных аналитических задач. Основываясь на литературном обзоре сформулирована цель и обозначены задачи диссертационного исследования.

Таким образом, результаты диссертационной работы Ледяева М. Е. надежны, достоверны и выводы на их основе обоснованы.

Достоверность исследования также подтверждается опубликованными работами в центральной печати, выступлениями на международных и российских конференциях.

### **Общая характеристика диссертационной работы**

Диссертационная работа построена классическим способом, характерным для кандидатских работ, и состоит из введения и четырех глав: литературный обзор (глава 1, страниц 62), компьютерного моделирования (глава 2, страниц 35), описания электронной части разрабатываемого планарного микрофлюидного термодесорбера (глава 3, страниц 11) и результатов проведенных экспериментов (глава 4, страниц 12); заключения по диссертационной работе, списка используемых источников.

Автором детально рассмотрены структура используемых преконцентраторов, которая влияет на распределение давления и скорость газ-носителя внутри преконцентратора. Так же автором подробно описана работы электронной части планарного микрофлюидного термодесорбера, которая осуществляет управление всем устройством.

Газохроматографическим способом анализа определены коэффициенты концентрирования некоторых веществ с разными концентрациями. Так же проведено исследование на цикличность анализа и сохранения эксплуатационных характеристик преконцентраторов. Работа написана достаточно ясно с использованием общепринятой терминологии.

Диссертационная работа Ледяева М. Е. имеет завершенный характер, объем и структура соответствуют требованиям ВАК, и вносит существенный вклад в теорию и практику процесса пробоподготовки и инструментального обеспечения газохроматографического анализа.

Основное содержание изложено в 2 научных статьях в изданиях, рекомендованных ВАК, 1 статья в издании, индексируемом в Scopus, получено 1 авторское свидетельство на полезную модель к патенту и ряд тезисов докладов и материалах Российских и международных конференций.

Автореферат, как по своей структуре, так и по сути изложения полученных результатов, соответствует диссертации. Выводы тщательно продуманы и

соответствуют полученным в работе результатам.

Опубликованные работы полностью соответствуют содержанию диссертационной работы.

Диссертация соответствует паспорту специальности 1.4.2 – Аналитическая химия по п.п. 3, 7, 8 и 10.

### **Вопросы и замечания**

Отмечу следующие вопросы и замечания по диссертационной работе Ледеява М.Е.

1. Стр. 80, 89. Не приведено обоснование выбора величины давления газа-носителя в качестве граничных условий для конечно-элементных моделей структур преконцентратора.

2. Стр. 95. В главе 2 приведены способы изготовления преконцентраторов традиционными способами и аддитивными технологиями. Далее по тексту не отмечено, каким именно способом были изготовлены преконцентраторы.

3. Стр. 103. Приведены поля распределения температур для изготовленного нагревателя, который потом не участвует в исследованиях и заменен на элемент Пельтье. Эквивалентны-ли поля распределения температур для элемента Пельтье соответствующим полям изготовленному нагревателю?

4. Стр. 110. Приведено конкретное описание работы электронной платы планарного микрофлюидного термодесорбера, но не приведены критерии выбора данной архитектуры и данных электронных компонентов.

5. Стр. 117. Не указан коэффициент концентрирования о-ксилола, а приведена только относительная разница при использовании разных преконцентраторов.

6. Стр. 122. Почему выбраны приведенные температуры для этапов сорбции и десорбции? Не обоснованы также времена для каждого этапа.

7. Стр. 126, 127. Не приведено обоснование выбора н-пентана при исследованиях планарных МТД.

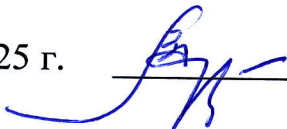
Представленные замечания не снижают научных достоинств работы, значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования.

В целом, несмотря на отмеченные вопросы и замечания, диссертационная работа Ледеява Михаила Евгеньевича «Планарные микрофлюидные термодесорберы для газовой хроматографии» актуальна, логически завершена, выполнена на современном экспериментальном и теоретическом уровне.



По актуальности, новизне, уровню выполнения, объему, научной и практической ценности полученных результатов диссертационная работа полностью отвечает требованиям, предъявленным к кандидатской диссертации (пункты 9-14 «Положение о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г.), а ее автор Ледяев М. Е. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.4.2 – Аналитическая химия.

Официальный оппонент,  
главный научный сотрудник лаборатории полевых аналитических и измерительных технологий Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук» (ИНГГ СО РАН), доктор технических наук по специальности 02.00.20 – Хроматография, доцент

« 29 » 05 2025 г.  / Грузнов Владимир Матвеевич /

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
«Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука  
Сибирского отделения Российской академии наук (ИНГГ СО РАН)».  
Почтовый адрес: 630090, Россия, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга,  
д.3.

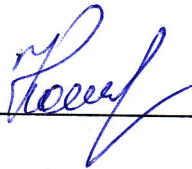
Контактный телефон: +7 913 379 28 19. e-mail: [GruznovVM@ipgg.sbras.ru](mailto:GruznovVM@ipgg.sbras.ru)

Я, Грузнов Владимир Матвеевич, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Подпись главного научного сотрудника лаборатории полевых аналитических и измерительных технологий Грузнова Владимира Матвеевича заверяю,

Зав. канцелярией ИНГГ СО РАН



 / Кондырина Е. Н. /